



高强度预应力锚板裂纹分析

■ 吴建

摘要：预应力锚固体系中锚板和夹片直接决定了产品最终的使用效果，锚板的微观裂纹是锚板失效的一个原因。通过对原材料钢坯进行低倍分析、半成品的金相分析、扫描电镜分析及裂纹位置的能谱分析，发现裂纹是在淬火应力作用下，由硫化物夹杂引起的。因此，必须严格控制原材料的产品质量和热处理工艺，才能保证高强度预应力锚板的最终使用性能。

关键词：预应力；锚板；裂纹；试验分析

我公司生产的高强度预应力锚板广泛应用于国家基础建设工程中，预应力技术的核心是它的锚固体系，其中锚板和夹片是锚固体系中最关键的组件，直接决定了锚固体系最终的使用效果。图1、图2分别为预应力锚固体系及锚固原理示意。就锚固体系中的锚板而言，需要经过粗加工→热处理→精加工→表面防腐等工序。然而，锚板裂纹虽然可以用磁粉检测等方式检验，但作为缺陷仍会带来质量损失，若存在漏检会给预应力体系带来质量风险。鉴于裂纹为产品致命缺陷，因此有必要对裂纹进行系统分

析，查找原因，并提出整改措施，杜绝类似情况的发生。

1. 问题描述

公司产品原材料为45钢，为均匀排布的带7°左右锥角“蜂窝煤”形状，整体尺寸为 $\phi 136\text{mm} \times 48\text{mm}$ ，均匀排布9个带锥度的孔，如图3、图4所示。经磁粉检测，发现在锚板表面存在裂纹，并沿内锥孔纵向分布，初步判断为淬火裂纹。

2. 试验过程分析

(1) 低倍组织分析 根据GB/T1979—2001《结构钢低倍组织评级图》对生产锚板用的钢

坯样品进行低倍组织试验，分析结果表明锚板钢坯的低倍组织属于1级中心疏松。

(2) 金相分析 从锚板样品的裂纹处制取金相试样及扫描电子显微镜试样。对金相试样进行试验分析，其试验结果如图5、图6所示。

通过微观裂纹的金相照片，可看到裂纹起始于试样的边缘，沿着裂纹向材料的内部扩展，产生了二次裂纹。从局部地区将裂纹中部放大500倍，从局部放大图可以看到，裂纹沿着晶界的方向发展，如图7所示。

(3) 扫描电子显微镜试验

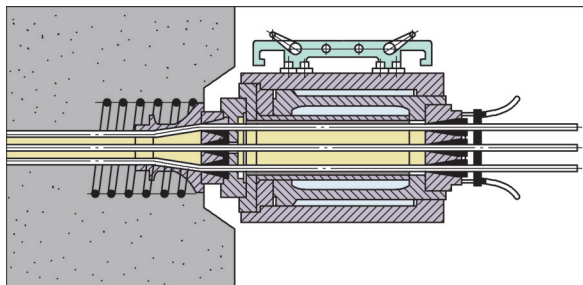


图1 预应力锚固体系

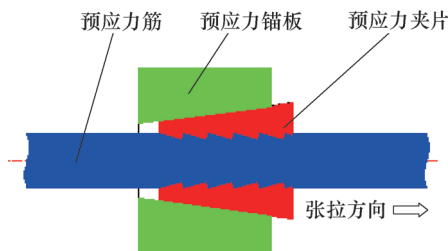


图2 锚固原理



图3 9孔锚板

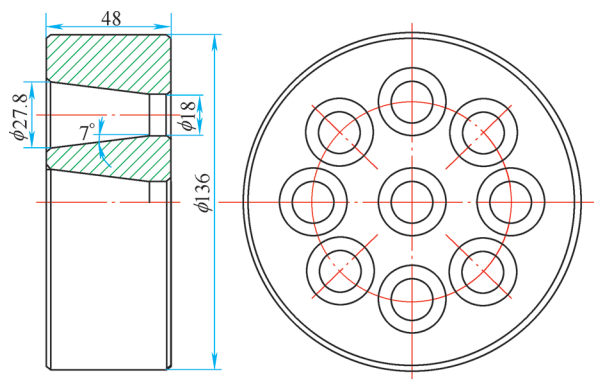


图4 9孔锚板图样

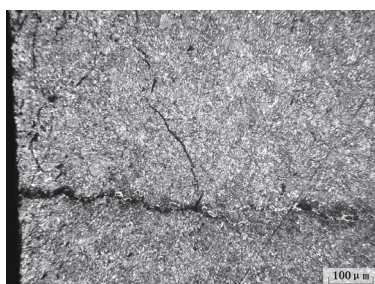


图5 裂纹起始端 (100×)



图6 裂纹末端 (100×)

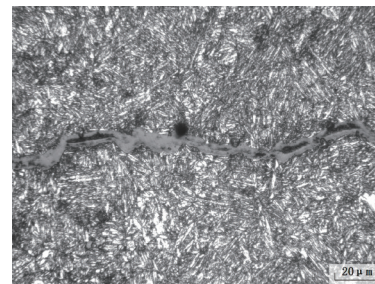


图7 局部地区裂纹 (500×)

取扫描电子显微镜试样进行扫描电镜试验。

图9为图8的内部裂纹的局部放大图。从图8可以看出，在样品内部有不连续的裂纹，由于裂纹在材料的内部产生且与表面扩展的裂纹不相连，由此可以判断内部裂纹的产生主要是由锚板淬火产生的，并可看到裂纹附近有较多的夹杂物存在。

对裂纹附近的夹杂物进行能谱试验分析，如图10所示。从能谱曲线图可看到，夹杂物主要成分为硫化物。夹杂物的组成含量见附表，从夹杂物的元素含量可得到夹杂物主要由硫化物组成。

3. 分析结果

通过扫描电子显微镜和能谱试验可以得到，在锚板的内部看到不连续的裂纹，且裂纹附近有夹杂物存在，由此可以判断内部裂纹的产生是由锚板淬火引起

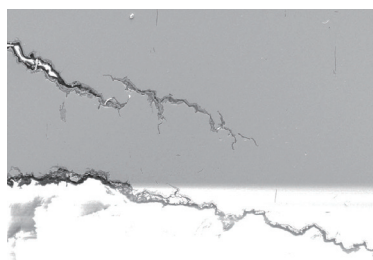


图8 裂纹及夹杂物 (500×)

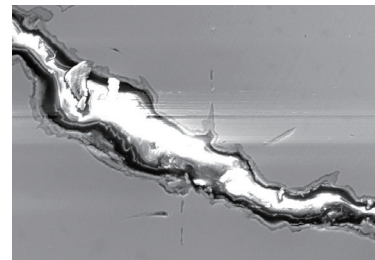


图9 内部裂纹放大 (2000×)

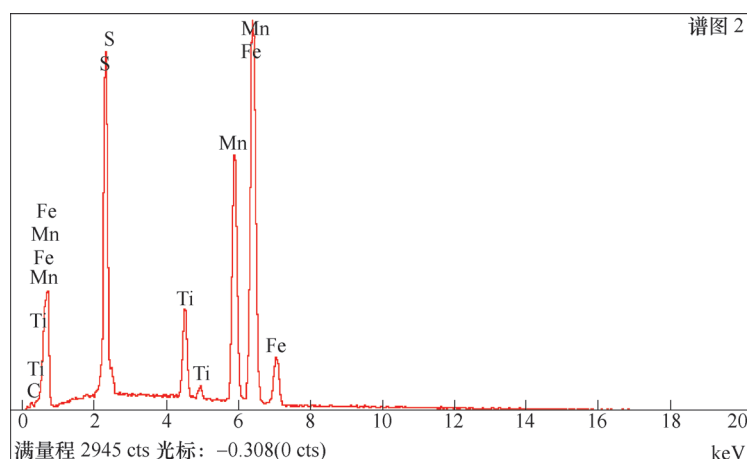


图10 夹杂物能谱曲线

夹杂物组成

元素	Fe	C	Mn	S	Ti
含量 (%)	48.47	0.16	30.00	12.79	5.58

低温不锈钢换热器管板开裂失效分析

■ 魏志刚, 魏耀东, 于明明, 宋艳会, 张友冬, 张晓琴

摘要: 对出现开裂后的管板进行了现场金相分析与试验室检测。结果表明, 管板开裂为脆性断裂和正断断裂, 裂纹从管箱一侧的管板表面首先形成, 管板表面氧化层上的显微裂纹是裂纹形成的源点, 低温是管板变脆的原因, 管程中的介质使管板表面产生氧化层以及温度差所产生的热应变循环作用是裂纹产生及扩展的原因。并对此类换热器的制造与使用提出了建议。

关键词: 裂纹; 断口检验; 应力腐蚀; 失效分析

某化工厂压力罐区冷火炬液化气在使用一年左右发现管板产生了开裂渗漏。经检查发现, 裂纹纵横交错布满整个管板表

面。内部液体不断通过裂纹向外渗漏, 呈穿透型裂纹。管板的材质为06Cr19Ni10。管程介质为乙烯, 设计压力为1.0MPa, 最高工

作压力为0.02MPa, 设计温度为 $-120^{\circ}\text{C}/260^{\circ}\text{C}$; 壳程介质为水蒸气, 设计压力为0.7MPa, 最高工作压力为0.4MPa, 设计温度为 260°C 。

的。从夹杂物的能谱试验分析, 可以得出夹杂物的主要成分为硫化物。内部裂纹是锚板在淬火应力的作用下, 由硫化物的存在而产生。

4. 结语

通过试验分析结果, 可以得到锚板钢坯的低倍组织为1级中心疏松。样品内部产生了不连续的裂纹, 裂纹附近有较多的夹杂物, 从能谱试验分析结果表明夹杂物的成分主要由硫化物组成。通过分析可以得到内部裂纹是在淬火应力作用下, 由硫化物夹杂引起的。锚板为“蜂窝煤”形状产品, 产品在淬火过程中锥孔中蒸气膜阶段的时间会相对较长, 热量不容易瞬间散发, 热处理质

量一致性控制较难。因此, 严格控制原材料中硫元素含量及热处理工艺, 确保产品质量, 是保证高强度预应力锚板使用性能的必要手段。

参考文献

- [1] 周玉, 武高辉. 材料分析测试技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.
- [2] 吴承建, 陈国良, 强文江. 金属材料学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009.
- [3] 刘永铨. 钢的热处理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986.

作者简介: 吴建, 安徽金星预应力工程技术有限公司。

MW 20160726

1. 现场初步检验与分析

(1) 开裂管板的宏观裂纹形貌 通过宏观检验可以看到, 管板开裂为脆性开裂, 裂纹周围没有明显塑性变形。管板表面有多条裂纹纵横交错, 呈龟裂状, 属于多源裂纹。裂纹穿透管板, 为穿透裂纹。从裂纹的位置看, 裂纹不仅在管板的表面, 在远离换热管处及管板的边缘也有裂纹。图1是开裂管板的宏观形貌, 图2是换热管周围的裂纹,

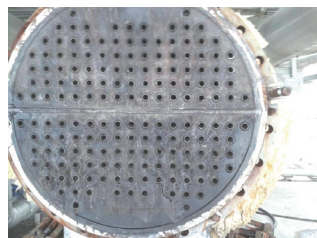


图1 开裂管板的宏观形貌